

PAT-NO: JP353008377A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 53008377 A

TITLE: APPARATUS FOR HIGH FREQUENCY SPUTTERING

PUBN-DATE: January 25, 1978

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

KATSUTO, HISAO

MURAMATSU, SHINICHI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

HITACHI LTD

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP51081986

APPL-DATE: July 12, 1976

INT-CL (IPC): C23C015/00, C23C015/00 , H01L021/314

US-CL-CURRENT: 204/298.12

ABSTRACT:

PURPOSE: To accumulate the insulating film having good covering property, by weakening the electric bond between the earthed metal part in the neighborhood of the target and the target, passing the high frequency current to the substrate holder rather than the earth and strengthening the bond between the charged particles in the plasma and the substrate holder.

COPYRIGHT: (C)1978,JPO&Japio

公開特許公報

昭53—8377

⑤Int. Cl.² 識別記号 ⑥日本分類 庁内整理番号 ④公開 昭和53年(1978)1月25日
 C 23 C 15/00// 1 0 4 13(7) D 62 7128—42
 1 0 3 12 A 27 7128—42 発明の数 1
 H 01 L 21/314 99(5) C 23 7377—57 審査請求 未請求

(全 6 頁)

④高周波スパッタリング装置

⑦発明者 村松信一

②特 願 昭51—81986

国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番

③出 願 昭51(1976)7月12日

地 株式会社日立製作所中央研

⑦発明者 甲藤久郎

究所内

国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番

⑧出 願 人 株式会社日立製作所

地 株式会社日立製作所中央研

東京都千代田区丸の内一丁目5

究所内

番1号

⑨代 理 人 弁理士 薄田利幸

明 細 書

発明の名称 高周波スパッタリング装置

特許請求の範囲

ターゲットの近傍に磁界を形成し、放電雰囲気中の荷電粒子をターゲット近傍に集中させる手段を有する高周波スパッタ装置において放電雰囲気を通して測つたターゲットと放電室内の接地金属部分との有効な距離を2 cm以上とし、基板ホルダが接地と電気的に結合したことを特徴とする高周波スパッタ装置。

発明の詳細な説明

本発明は改良された高周波スパッタ装置に関するものであり、特に高周波スパッタ装置を用いた絶縁物薄膜の形成に特に有効なものである。

従来絶縁物薄膜を堆積する方法としては化学蒸着法(CVD法)が普及しており、特に半導体デバイスの製造にはもつぱらこれを用いられている。しかしながら、CVD絶縁膜はアルミニウム配線層の上から被着した場合、配線の段差部分のカバレッジ(被覆)が平坦部に比べて非常に悪く、

また膜質が緻密でないため、クラック(割れ目)が入りやすく、あまり厚く被着できない欠点があった。一方、配線の保護絶縁膜の堆積に適した有力な方法として、高周波スパッタ法は緻密な厚い膜が形成できることが以前より知られており、最近では堆積速度の遅い欠点を克服するために、ターゲットの裏側にSおよびN極を有する磁石を配置することによつてターゲット近傍に強い磁界を形成し、放電雰囲気中の荷電粒子を磁界の作用でターゲット近傍に集中させる方法が開発され、堆積速度がCVD法のそれに近づいたばかりか、堆積時の基板温度上昇が従来より低く保たれ、また半導体デバイス特性に対する放電のダメージが従来より減少するなどの有利な特徴が得られている。

しかしながら、配線の段差部分のカバレッジの問題に関しては高周波スパッタ法においてもCVD法におけると同様の問題があり、これは単に厚く被着すれば解決するといつた問題ではない。すなわち、第1図(a)で下地基板1上に金属配線2がある試料に例えばCVD法により絶縁膜3を被

着すると、段差部分にくびれを生じる。これは被着された絶縁膜が障害物となつて、斜めから降ってくる絶縁体分子をさえぎる効果が積重なつて生じるとされている。高周波スパッタの場合第1図(b)に示すように絶縁膜3を厚く被着すると、一見してくびれは生じないようになる。しかし、絶縁膜のエッチング液で絶縁膜の表面を軽くエッチングする(ライトエッチ)と、図の点線の部分に沿つてエッチングが急速に進行する。このことは走査型電子顕微鏡(SEM)による観察、または簡単には金属配線の腐食試験により証明することができる。このように弱い部分が存在することは、信頼性の観点から問題であるばかりか、同じ機構によつて、下地のわずかな凹凸、たとえばアルミニウム配線面上のヒルロックの周囲に弱い絶縁膜が堆積される原因ともなり、絶縁膜のエッチング加工工程においてエッチング速度の場所的なゆらぎを生じ、加工寸法の不良、下地の浸食などの外觀不良品を生じる結果となる。

さて、従来型のスパッタ装置においては、この

(3)

るため実用上使用上の困難が発生し、また他の2つの方策を併用してもカバレッジは十分に改善されないことが、確認された。これはターゲット近傍の磁界によつてプラズマがターゲットの極く近傍に集中しているため、基板ホルダ近傍のプラズマ密度は従来型の装置にくらべてはるかに小さくなつており、プラズマと基板との結合が弱まつているためと考えられる。実際プラズマの広がりには肉眼である程度判断できるが、従来型の装置でプラズマがターゲットと基板ホルダの間の空間に一樣に広がっているのに対して、高速スパッタ装置ではプラズマがターゲット近傍に集中していることが観測される。

本発明は上記した高速スパッタ装置の欠点を解消するためになされたもので、ターゲット周辺の接地金属部分とターゲットとの電氣的結合を弱めることによつて、高周波電流を接地よりも基板ホルダに流し、プラズマ中の荷電粒子と基板ホルダの結合を強めることによつて、カバレッジの良好な絶縁膜を堆積できる方法を提供するものである。

(5)

欠点を克服するために種々の対策が提案されている(たとえば特公昭48-17592)。すなわち、スパッタ雰囲気であるアルゴン(Ar)の圧力を適当な(小さな)値とすること、基板ホルダ近傍にホルダと垂直な方向の磁界をかけること、さらに基板ホルダを電氣的にフロートせず、インダクタンス(コイル)を通して接地し、放電プラズマ・基板間の容量とコイルとで共振回路を形成すること(あるいは基板電圧の共振)などが有効であるとされている。これらの方策により、放電プラズマと基板ホルダの結合が強まり、基板ホルダはターゲットほどではないが負電位となり、アルゴン・イオン(Ar⁺)の基板への入射が強く活発になり、堆積膜の構造の弱い部分が逆スパッタで除去される結果緻密なカバレッジ膜が得られると説明されている。

しかしながら、ターゲットの近傍に特定の磁界を形成してプラズマをターゲット近傍に集中させることによつて堆積速度の向上をはかつたスパッタ装置(高速スパッタ装置)の場合、上述の方策のうち磁界を用いるものは、2つの磁界が干渉す

(4)

通例スパッタ装置では、スパッタすべきターゲット材以外のターゲット電極の金属部分がスパッタされないために、ターゲット周辺に遮へい治具として接地金属を配置し、ターゲット材部分を除くターゲット電極の金属部分と接地された遮へい治具との距離をプラズマが侵入できない、致程度に保つことによつて、不用なスパッタリングの発生を防止している(たとえば特公昭42-17407)。しかし遮へい治具をいし接地金属の装側はプラズマ空間に露出することになるので、高周波電流の一部、あるいは装置によつては殆どの部分が、ここに流入する結果となる。ターゲットと遮へい治具をいし接地金属が相対配置は従来型装置の場合、上から下へスパッタする装置と下から上へスパッタする装置とでターゲット材の保持の仕方が異なるなどの便宜的な理由で見かけはまちまちであるが、しばしばターゲットの有効部分に非常に近接して配置される。そのことはプラズマがターゲット近傍に集中せず、装置内に一樣に広がる従来型装置では、電気インピーダンス的に

(6)

も、膜質の点でも殆ど問題にならなかった。

一方、磁界の作用でプラズマをターゲット近傍に集中させた高速スパッタ装置においては、スパッタ・イールドの向上やプラズマの基板への入射による基板の温度上昇や損傷を避けるねらいから接地されたターゲット遮へい板をターゲット近傍の密度の大きいプラズマにますます近接させて設置し、高周波電流を吸い取る役目を持たせることが行なわれている。

これに対して本発明では、前記目的を達成するために、磁界の作用でプラズマをターゲット近傍に集中させた高速スパッタ装置において、プラズマ空間を通して測つたターゲットの有効部分と接地された遮へい治具ないし有効な接地金属部分との距離を十分大きくとり、さらに基板ホルダを接地と電気的に結合させておくことによつて、プラズマを通つて流れる高周波電流が接地よりも基板ホルダに優先して流れるようにし、それによつて Ar イオンの基板への入射を盛んにし、カバレッジを改善することができた。

(7)

壁面15を通して接地されている。

この装置内を真空排気しながらアルゴン (Ar) を導入し、装置内の圧力を約 $10^{-4} \sim 10^{-5} Torr$ に保ち、高周波電圧を印加すると、装置内全体に放電プラズマが発生するが、ターゲットの極く近傍、とくに磁石の中間付近で輝きが強い。さて、ターゲット電極からコンデンサであるターゲットを通して加えられた高周波電流はプラズマを通じて、接地された遮へい治具、壁面、基板ホルダに至り、接地に流入する。ターゲットの有効部分から最も近い位置にある接地された金属はターゲット遮へい治具であり、この距離を第2図では L で示してある。16は視察およびターゲット石英ガラスの減り方から推定できるプラズマ密度の強い部分を示したもので、永久磁石の中間で最も強く、しかもターゲット電極に対向する面全体に高密度のプラズマが存在している。

第2図で、 $D \approx L \approx 4 \text{ cm}$ とし、基板ホルダを直接接地または $0.1 \mu F$ のコンデンサを通して接地し、電力密度 $5 W/cm^2$ 、 Ar 圧力 $5 \times 10^{-5} Torr$

(8)

以下本発明を実施例によつて詳しく説明する。

第2図は⁽⁷⁾スパッタ室内の電極構造を示す。ターゲット4として厚さ3mmの円形の石英 (SiO_2 , 等) 板が直径10cmのターゲット電極5の上に置かれ、ターゲット電極5には金属治具6を通して外部の高周波電源から、13.56MHzの高周波電圧が加えられる。ターゲットの近傍にはターゲット電極5のためのスパッタリング防止用遮へい治具7が配置され、この遮蔽治具7はスパッタ室の下部壁面8を通して接地されている。ターゲット電極のすぐ裏側にはプラズマをターゲット近傍に集中させるための極性を逆にして配置された永久磁石9および10が設置されている。一方ターゲットと対向して距離Dの位置に基板ホルダ11が置かれてあり、その表面上にはアルミニウム配線を含むシリコン・ウエハ12が置かれている。基板ホルダ11は外部へ電極13を取出して、これを直接接地または適当な受動回路を通して接地できるようにしてある。基板ホルダの周辺にも遮へい治具14が設置されており、これはスパッタ室の上部

(9)

(シユルツ・ゲージの指示)、 SiO_2 膜を70分で約3 μ 被着した。この場合ターゲット自身が絶縁性遮へい治具として働いていることに注目されたい。シリコン基板上の Si ゲートMOSデバイスにおいてアルミニウム配線は厚さ1.8 μ とした。この試料を弗化水素酸 (HF) : 弗化アンモン (NH_4F) = 1 : 6 液に25°Cにおいて一定時間浸し、しかる後にアルミの腐食液に浸す試験を行なつたところ、1 : 6 液に浸す時間が3分間^(アルミに5分)までは全くアルミ腐食はおきないことがわかつた。さらに、基板ホルダと接地の間を適当なコイル17で結び、直流ブロック用コンデンサ18を挿入する場合としない場合について、 Ar 圧 $1.2 \times 10^{-5} Torr$ ^(アルミに5分) で SiO_2 膜をやや薄く2 μ 被着したところ、両者とも1 : 6 液に3分^(アルミに5分)浸してもアルミの段差部は露出しないことがわかつた。ちなみに1 : 6 液による平坦部の SiO_2 膜のエッチング速度は約0.15 μ /minであつた。

1 : 6 液で何分まで膜がもてば良いかは、絶縁膜被着後の穴あけ工程、その後の検査、および信

(10)

類性試験を通して得た経験によれば、1分以上であれば一応の合格とみて良い。さらに2分以上では相当良い状態を示す。

直径の異なる石英板を用意することによつてLを変化させ、それによつて得られた膜のカバレッジ評価試験を行なつた。ターゲット電極の径にほぼ等しい径の石英板を用いたとき、Lは約6mmで最も短くなる。 $D=4\text{ cm}$ 、 $\text{Ar圧} \times 10^{-4}$ Torr、電力密度 $\frac{1.2}{2.5} \text{ W/cm}^2$ 、基板ホルダ直接接地の場合の1:6液に耐える時間に関するデータを第3図に示す。Lが約2cm以下のとき、急激にカバレッジが悪化することがわかる。この距離はプラズマ鞘の厚さと関係があるように思われる。

なお、Dの値は堆積速度や膜厚の均一性の観点から3~6cm程度に選ばれるのが普通であるが、この範囲でDの値に依存する相違は見られなかつた。

第4図はターゲット近傍の構造のもつた代表的な形を示す。この型は現在市販されている絶縁膜堆積用高速スパッタ装置でもつぱら使われて

(1)

30秒程度で全く不満足なものであつた。

Lを大きくする対策の一つとして、第5図に示すようにボルト22を通すために遮へい治具21中にあけられた穴の周囲に高温用シーラ剤24を塗布してボルト22と遮へい治具21の電気的結合を弱め、かつ遮へい治具21と壁面23の間で2mm位の厚さのワッシャ25にボルトを通した。遮へい治具21と接地された3本のボルト22を通しての接地との直流抵抗はシーラ剤塗布の不完全さによるリーク抵抗で、約1MΩ程度であつた。これはスパッタ装置全体の高周波インピーダンスが1KΩ程度と言われているのにくらべて十分大きく、わずかな容量結合分を除けば実質的に遮へい治具は接地に対して電気的にほぼフローティングの状態にあると見なすことができる。これによつて実効的なLは遮へい治具を越えた長さL₁に等しくなつたと見なすことができる。L₁は図では見やすいために最短距離で描いていない点を理解されたい。接地されたボルトの頭は面積的にも小さく、ターゲットからもかなり離れた位置であ

(2)

いるものである。すなわち、基板の保持の容易の点で実用的なスパッタ装置はターゲットを基板ホルダの上方に置く、いわゆるダウン・スパッタ方式であるが、この場合ターゲットの保持が問題になる。横方向にスパッタする円筒形の場合も同様である。高速スパッタ装置の場合、ターゲットの減りが激しく交換頻度が大いなので、従来のように裏うちの金属に接着剤ではりつける方法では交換が不便である。電極との接触が良くとれる必要があり、また比較的高価なターゲット材を節約する意味もあり、ターゲット材を金属リングで高压電極にネジ止めする方法が最も常識的である。すなわち第4図でターゲット4はターゲット保持治具19を用い、ボルト20によりターゲット電極5に固定される。ターゲットの遮へい治具21はボルト22を用いて壁面23に固定接地され、ターゲット保持治具19のスパッタリングを防止する。この場合LはL=L₁+6mmで極めて小さい。予想されるように、得られたSiO₂膜によるカバレッジは堆積条件により1:6液で10秒ないし

(3)

るから、問題はない。これによつてカバレッジのよい絶縁膜が堆積できたことは言うまでもない。

このようにターゲット遮へい治具の少なくとも一部として、接地と電気的に有効に結合されていない導電体を用いることも有用である。

上の実施例では遮へい治具は金属製であつたが、治具の主要部分を絶縁体とすることもできる。第6図で遮へい治具はドーナツ状の石英の部分26とこれを保持する金属部分27から成つている。この場合もLの長さを制御することによつて、カバレッジの良い膜を堆積することができる。この場合プラズマと接地との容量性の結合度が金属治具の場合よりも下がるのが利点である。さらに第7図に示すように金属部分27と接地壁面23の電気的結合を弱める前述の方法と組合せて用いるとさらによい。

本発明の特徴はこのように既製の高速スパッタ装置のターゲット近傍の構造に簡単な改造を加えて適用できる点にある。

本発明のもう一つの大きな特徴は基板ホルダと

(4)

接地の間の電気的接続法についての制約が非常にゆるいことである。従来の装置で知られた対策法では、不純物の混入、堆積速度の安定性、膜厚の均一性などの点で最も有利な 5×10^{-4} Torr 附近の Ar 圧においては、良いカバレッジを得るために、基板ホルダと接地との間にインダクタンス (コイル) を挿入し、プラズマと基板ホルダ間の容量に対して共振回路を形成することによつて、RF 電流の一部が基板ホルダに流れ込むように調整する必要があつた。高速スパッタ装置の場合この対策だけでは不十分であることをさておくとしても、市販の高速スパッタ装置は、たしかに一部の製品では基板ホルダを電気的にフロートとしているが、他の一部の製品では量産用の送り機構や膜の均一性を得るための回転機構等の都合であらかじめ基板ホルダが接地されている。この場合、改造することはかなり困難である。本発明によれば、基板ホルダと接地との間にインダクタンスを挿入した場合だけでなく、直接接地 (直流的接地) またはコンデンサを介した接地 (交流的接地) の

(5)

ではターゲットの単位面積当り電力密度が従来型にくらべて数倍以上大きいことによつていられる。電力密度が大きくなることによつて堆積速度が向上しているわけであるが、電力密度が大きいということはプラズマと基板ホルダの間の電流の密度が相対的に大きくなり得ることを意味しており、ターゲット遣へい治具の対策さえ行なえば、プラズマと基板ホルダの結合度は比較的大きくできると考えられる。

本実施例では、実際に用いられるスパッタ技術の代表的な場合について述べたが、本発明の趣旨はここで詳細に述べた以外のいくつかの場合についても適用できることは言うまでもない。たとえば装置的には、円筒形スパッタ装置、連続スパッタ装置等、スパッタ材も SiO_2 の他の種々のガラスやアルミナ等種々の絶縁体材料、またたとえばシリコン・ターゲットを用いて窒素ガス中で絶縁体である窒化シリコン膜を堆積する場合に適用できる。堆積条件たとえばターゲット電極のサイズや形状、あるいは電力密度も実施例で用いた値よ

(6)

場合でも通常の Ar 圧において、十分なカバレッジの絶縁膜が得られる。ターゲットまたはターゲット遣へい治具の簡単な改造のみで膜質の改造ができる本発明のもたらす寄与は極めて大きいと言わねばならない。

さらにつけ加えるならば、従来の対策のうち、Ar 圧を $1 \sim 2 \times 10^{-4}$ Torr 程度に下げ、さらに基板ホルダ近傍に磁界を加える方法は、高速スパッタ装置では、ターゲット近傍に特定の磁界を形成しているため、新たに第 2 の磁界をもちこむことは磁界が干渉し合うので避けたいことはさておくとしても、Ar 圧を下げるることによつて残留ガス (酸素、水分など) の影響が非常に大きくなり、動作点の不安定、堆積速度のバラツキなどが目立つて来ることが避けられない。高速スパッタ装置に本発明を適用した場合、普通よく用いられる 5×10^{-4} Torr 程度の圧力でもカバレッジの良い膜が得られるので非常によ用である。

本発明でこのように基板の接地法や Ar 圧の点で制約がゆるいのは、一つには高速スパッタ装置

(7)

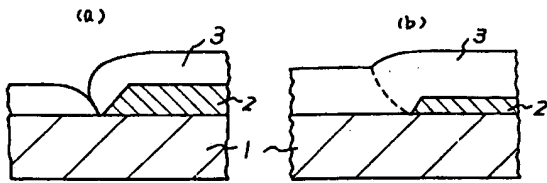
りも広い範囲で用いることができる。ただし基板ホルダをフローティングにすること、基板ホルダとして厚い絶縁体、たとえば 1 mm 以上の石英板を用いること、Ar 圧を 1×10^{-4} Torr 以上とすることは本発明の効果を著しく容うから、避ける必要がある。なお、本発明により、高周波電流が基板に流れ込む割合は増加するが、それによる堆積速度の変化、基板温度の上昇、基板の損傷の増加などは認められなかつた。

図面の簡単な説明

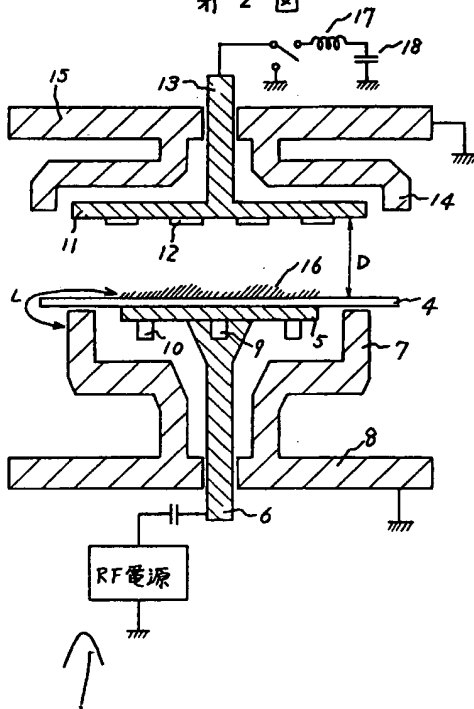
第 1 図 (a)、(b) は段差のある下地基板に絶縁膜を被着した場合の断面図、第 2 図は本発明の 1 実施例を示す高速高周波スパッタ装置の断面図、第 3 図は段差カバレッジ試験の結果を示す図、第 4 図、第 5 図、第 6 図および第 7 図は本発明の他の実施例を示す図である。

代理人 弁理士 薄田利幸

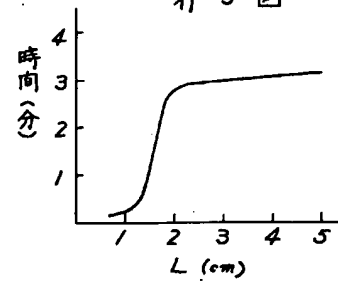
第 1 圖



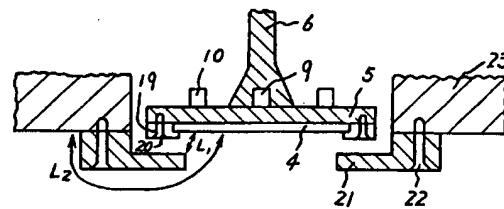
第 2 回



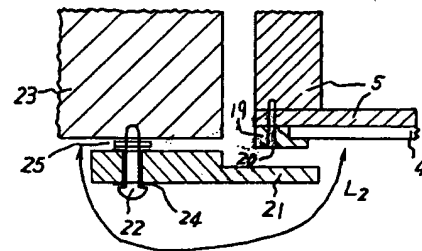
第 3 回



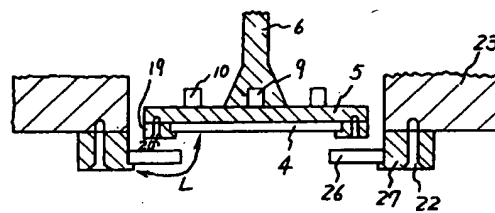
第 4 圖



第 5 圖



第 6 圖



第 7 圖

